

## SÍNTESE DE ÓXIDOS DE FERRO UTILIZANDO REJEITOS METÁLICOS: APLICAÇÃO EM TINTAS E CIMENTADOS

### Área temática: Meio Ambiente.

Coordenador da Ação: Marcelo Müller<sup>1</sup>, Natália Zardinello<sup>2</sup>, Heloisa P. Priotto<sup>3</sup>,  
Deusdeditt de S. B. Filho<sup>4</sup>, Fauze Jacó Anaissi<sup>5</sup>

**RESUMO:** Resíduos sólidos de lâminas de aço inoxidável (LAM) tornaram-se um problema social e principalmente ambiental, pois são descartados em locais inapropriados. Estes resíduos têm em sua composição quantidades significativas de Cromo (Cr). Cr no estado de oxidação hexavalente tem efeito acumulativo no organismo humano podendo desencadear doenças cancerígenas ou teratogênicas. A fim de reciclar ferro (Fe) e cromo (Cr) destes rejeitos, desenvolvemos uma metodologia simples e viável para o preparo de materiais inorgânicos. A metodologia apresenta viabilidade, pois é rápida e econômica. Os pós foram caracterizados por Difractometria de Raios-X (DRX) e Fluorescência de Raios-X (XRF).

**Palavras-chave:** Rejeitos, Recuperação, Óxidos, Tintas

### 1 Introdução

Segundo o Fórum Internacional de Aço Inoxidável (ISSF) cerca de 41,2 milhões de toneladas de aço inoxidável são produzidas anualmente. Tendo em vista o atual esgotamento de recursos naturais, muitas pesquisas estão voltadas para obter alternativas para a reciclagem de produtos pós-uso. Além disso, resíduos quando não geridos corretamente são fontes promitentes de contaminações ambientais (LI et al., 2010), (ANDREOLA et al., 2008).

Aços inoxidáveis são classificados de acordo com sua microestrutura e divididos em três classes básicas: austenísticos, ferríticos e martensíticos. Aço do tipo martensíticos são utilizados na produção de vários itens, tais como: utensílios de cozinha, instrumental cirúrgico, além de lâminas de barbear. Esta denominação

1 Mestre em Química Aplicada, Campus Foz – IFPR. E-mail: [marcelo.muller@ifpr.edu.br](mailto:marcelo.muller@ifpr.edu.br)

2 Aluna de Iniciação Científica, Ensino Médio (EM) - Curso Técnico em Edificações, Campus Foz – IFPR.

3 Aluna de Iniciação Científica, Ensino Médio (EM) - Curso Técnico em Edificações, Campus Foz – IFPR.

4 Licenciatura em Química, Campus Foz – IFPR.

5 Doutor em Química, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO.



APÓIO:



CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:



propõe que a porcentagem de elemento Cr deve estar acima de 12% (CORRÊA; SCHROETER; MACHADO, 2017).

Lâminas de barbear (LAM) são fontes de contaminação ambiental, pois grande quantidade deste resíduo é descartada em lixo comum. A reciclagem apresenta elevado custo, demanda grande quantidade de energia no processo e a coleta ainda é seletiva.

Na composição química das LAM há elementos de grande valor, tais como ferro (Fe) e cromo (Cr). Cr possui vários estados de oxidação, é considerado elemento traço e contaminante ambiental. No estado de oxidação hexavalente (VI) é nocivo, causando danos à saúde, pois tem efeito acumulativo (KAYA et al., 2016), (PRIEBE et al., 2016). Quando sua presença alcança níveis elevados no organismo dos seres humanos, pode desencadear doenças cancerígenas ou teratogênicas (CHABAANE et al., 2011), (ANDREOLA et al., 2008), (OZEL; TURAN, 2003).

Óxidos de ferro (Fe) naturais contêm pequenas quantidades de elementos traços, além do elemento Cr, possui Cobalto (Co), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Titânio (Ti), Zinco (Zn) entre outros, que estabilizam as estruturas destas fases (WU et al., 2016).

Além disso, a utilização de óxidos de ferro quando combinados com elemento Cr aumentam sua capacidade catalítica. Podem ser utilizados como pigmentos, pois mostram alta estabilidade, maior intensidade de cor e principalmente baixo custo de produção aliado ao apelo socioeconômico e ambiental.

Devido ao alto custo de reciclagem destes resíduos propõem-se uma metodologia simples de síntese utilizando LAM para a produção de pigmentos de óxidos de Fe e Cr. Apesar de várias pesquisas relatarem a síntese de materiais inorgânicos utilizando resíduos metálicos em meio aquoso originados da indústria de laminação de aço, estes não reportam a recuperação de rejeitos sólidos tais como LAM.

O município de Foz do Iguaçu possui várias atrações turísticas, onde podemos destacar o Parque Nacional do Iguaçu o qual abriga as Cataratas do Iguaçu, sendo este um centro turístico que atrai visitantes nacionais e internacionais. Desta maneira tem-se a necessidade de manter a integridade deste patrimônio por meio de ações que minimizem os impactos ambientais e que possibilitem a



APOIO:



CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:



integração da comunidade no sentido de manter esse patrimônio que gera vários benefícios sociais e econômicos para a população.

Assim como em muitas cidades brasileiras, Foz do Iguaçu não possui um sistema de reciclagem para LAM, essas são descartadas em lixo comum que por sua vez entram em processo de degradação trazendo vários danos ambientais e sociais. A prefeitura de Foz do Iguaçu busca adequações para a Política de Resíduos Sólidos que visam o recolhimento seletivo, porém esta ação ainda não atinge toda a população, pois há a necessidade de conscientização para a separação desses resíduos.

Portanto, percebeu-se que não existem trabalhos relatados sobre a reutilização de resíduos de LAM para a transformação em um produto com valor agregado, justificando assim a necessidade de estudos nessa área. Com o desenvolvimento desse projeto os estudantes poderão verificar técnicas corretas de coleta seletiva do lixo, desenvolvimento síntese no laboratório, com metodologias simples que podem ser empregadas na transformação de resíduos sólidos.

O apelo ambiental no que tange a diminuição dos impactos ambientais, as políticas de bem estar social que preconizam o envolvimento da população acadêmica serão alcançadas por meio deste projeto pois busca-se a formação do ser humano capaz de pensar soluções para a manutenção do ecossistema.

## 2 Desenvolvimento

### Justificativa

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), por meio dos Temas Transversais, integram à sua proposta educacional as questões referentes à Ética, Saúde, Meio Ambiente, Pluralidade Cultural, Orientação Sexual e Trabalho e Consumo. Em relação ao “tema transversal Meio Ambiente” que é o abordado neste projeto, definem que: “a principal função do trabalho com o tema Meio Ambiente é contribuir para a formação de cidadãos conscientes, aptos a decidir e a atuar na realidade socioambiental de modo comprometido com a vida, com o bem-estar de cada um e da sociedade, local e global.

### Objetivo Geral



APOIO:

Integração  
que gera energia  
& desenvolvimentoPrêmio de Inovação  
em Ensino Superior  
Público

CO-ORGANIZAÇÃO:

UNIOESTE  
UNIVERSIDADE DO PARANÁINSTITUTO  
FEDERAL  
Paraná

REALIZAÇÃO:



UNILA | INDEX

Desenvolver o esclarecimento sobre os risco do descarte inadequado de lâminas de barbear que configura uma questão de saúde pública como também desenvolver metodologia de síntese de óxidos de ferro, utilizando resíduo de aço (lâminas de barbear), por meio da digestão ácida e formação de precipitado em reação de neutralização.

Preparou-se soluções de agentes ácidos para digerir as LAM até a obtenção de sais de Fe e Cr em solução. As soluções de sais Fe e Cr foram precipitadas com agente alcalino. Os precipitados foram lavados em água de grau ultrapura até que o pH estabilizou, e secos em estufa a temperatura de 60° C. O mesmo procedimento foi realizado utilizando limalha de Fe (LIM) comercial, para efeito de comparação estrutural. Os precipitados foram nomeados em LIM e LAM com numeração de 01 a 03 em função do tipo de agente ácido aplicado na síntese.

### 3 Análise e Discussão

Difratometria de Raios – X (**DRX**) e Florescência de Raios – X (**XRF**)

Os difratogramas de DRX, Fig. 1, foram obtidos a partir dos pós das amostras, são referentes às sínteses utilizando limalha de ferro (LIM) e lâminas de aço inox (LAM). As sínteses realizadas com LIM e LAM demonstram picos intensos referentes às fases óxidos de ferro magnéticos, magnetita ou maghemita. Os picos característicos destes óxidos de ferro magnéticos são (220 / 311 / 222 / 400 / 422 / 511 / 440). As fases foram confirmadas por meio das indexações (índices de Miller) e sequem as cartas cristalográficas (ICDD) 01-076-0955, 00-039-1346. Cr está inserido nos sítios estruturais dos óxidos de Fe formados quando a síntese é realizada utilizando LAM, isto é evidenciado observando que há um alargamento do pico mais intenso em  $2\theta$  (35,4°), quando comparamos os difratogramas de LIM e LAM.

**Figura 1.** Curvas de DRX dos Óxidos de Ferro sintetizados. LIM e LAM



APÓIO:

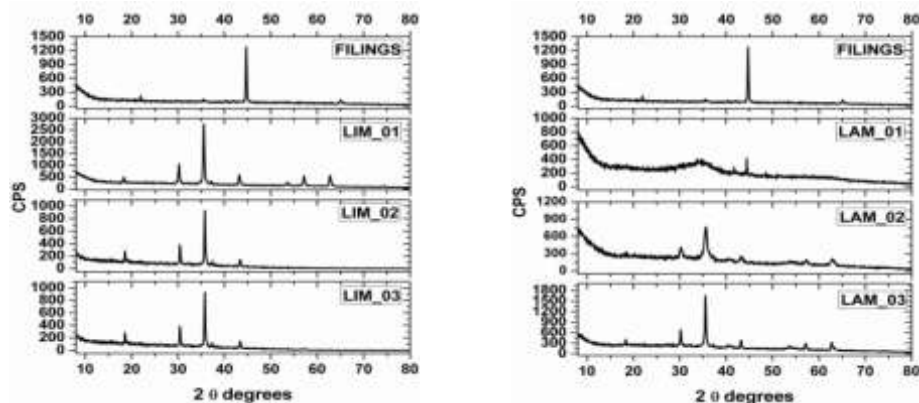


CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:





Fonte: os autores

Dados quantitativos obtidos por meio de XRF, Tab. 1, demonstram que quando utilizou-se LIM nas sínteses, o metal predominante na estrutura dos óxidos é o Fe. Porém quando a síntese é realizada com LAM, o metal Cr está presente nos óxidos de ferro formados. Os dados corroboram com os obtidos na difratometria de raios-X. A porcentagem de Cr incorporado nas estruturas dos óxidos ferro formados é de aproximadamente 12%.

**Tabela 1.** Composição Química obtida por XRF dos materiais sintetizados.

Amostras	(Fe) %	(Cr) %	Fórmula Estimada
LIM_01	99,90	0,10	$Fe_{0,99}Cr_{0,01}$
LIM_02	99,95	0,05	$Fe_{0,99}Cr_{0,01}$
LIM_03	99,92	0,08	$Fe_{0,99}Cr_{0,01}$
LAM_01	88,85	11,15	$Fe_{0,89}Cr_{0,11}$
LAM_02	88,11	11,89	$Fe_{0,88}Cr_{0,12}$
LAM_03	88,08	11,92	$Fe_{0,88}Cr_{0,12}$

Fonte: Os autores

#### 4 Considerações Finais

Por meio de metodologia eficiente e de baixo custo, foram sintetizados óxidos de ferro e cromo utilizando rejeitos. O elemento traço Cr esta inserido na estrutura dos materiais formados como pode ser constatado por DRX e XRF. Esses materiais possuem grande potencial científico, pois tem varias aplicações, tais como pigmentação e/ou reações catalíticas, entre outros.

#### REFERÊNCIAS

- ANAISSI, F. J. et al. Caracterização e propriedades do material coloidal nanoestruturado  $\beta$ -FeOOH/bentonita. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2006–2010, 2009.
- ANDREOLA, F. et al. Synthesis of chromium containing pigments from chromium galvanic sludges. **Journal of Hazardous Materials**, v. 156, n. 1, p. 466–471, 2008.

- CHABAANE, L. et al. Immobilization of vegetable tannins on tannery chrome shavings and their use for the removal of hexavalent chromium from contaminated water. **Chemical Engineering Journal**, v. 174, n. 1, p. 310–317, 2011.
- CHEN, Z. et al. Synthesis of black pigments containing chromium from leather sludge. **Ceramics International**, v. 41, n. 8, p. 9455–9460, set. 2015.
- CORRÊA, J. G.; SCHROETER, R. B.; MACHADO, Á. R. Tool life and wear mechanism analysis of carbide tools used in the machining of martensitic and supermartensitic stainless steels. **Tribology International**, v. 105, p. 102–117, 2017.
- DOYNOV, M.; DIMITROV, T.; KOZHUKHAROV, S. Alternative technological approach for synthesis of ceramic pigments by waste materials recycling. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 55, n. 2, p. 63–70, 2016.
- KAYA, A. et al. Removal of Cr(VI) through calixarene based polymer inclusion membrane from chrome plating bath water. **Chemical Engineering Journal**, v. 283, p. 141–149, 2016.
- LI, C. et al. Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings. Part 1. The recovery of iron from iron ore tailings using magnetic separation after magnetizing roasting. **Journal of Hazardous Materials**, v. 174, n. 1–3, p. 71–77, 2010.
- MÜLLER, M. et al. Synthesis and characterization of iron oxide pigments through the method of the forced hydrolysis of inorganic salts. **Dyes and Pigments**, v. 120, p. 271–278, set. 2015.
- OZEL, E.; TURAN, S. Production and characterisation of iron-chromium pigments and their interactions with transparent glazes. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 23, n. 12, p. 2097–2104, 2003.
- PRIEBE, G. P. S. et al. Anaerobic digestion of chrome-tanned leather waste for biogas production. **Journal of Cleaner Production**, v. 129, p. 410–416, 2016.
- WU, Y. et al. Iron based dual-metal oxides on graphene for lithium-ion batteries anode: Effects of composition and morphology. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 684, p. 47–54, 2016.



APOIO:

Integração  
que gera energia  
& desenvolvimentoPrêmio de Inovação  
em Ciência e Tecnologia  
FAPESP

CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:

